

S5  
?t 5/5/1

1 PN="11-223717"

5/5/1

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2000 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06282128 \*\*Image available\*\*

OPTICAL DIFFRACTION ELEMENT AND OPTICAL SYSTEM USING THE SAME

PUB. NO.: 11-223717 [JP 11223717 A]  
PUBLISHED: August 17, 1999 (19990817)  
INVENTOR(s): NAKAI TAKEHIKO  
APPLICANT(s): CANON INC  
APPL. NO.: 10-039639 [JP 9839639]  
FILED: February 05, 1998 (19980205)  
INTL CLASS: G02B-005/18; G02B-013/00

#### ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide high diffraction efficiency, to facilitate production and further to effectively suppress flare or the like by chamfering the apex of an edge part on the grating face of one diffraction grating and one part of the groove part of the other correspondent diffraction grating.

SOLUTION: Concerning the configuration of an optical diffraction element 1, a multilayer part 3 composed of plural layers (diffraction gratings) is formed on the surface of a substrate 2. The cross-sectional grating shape of the optical diffraction element 1 is composed of two layers of a first layer (diffraction grating) 4 and a second layer (diffraction grating) 5 provided on the substrate 2, a first diffraction grating face 6 is formed at the boundary part between the first layer 4 and an air layer, and a second diffraction grating face 7 is formed at the boundary part between the second layer 5 and the air layer. Further, chamfering 8-1 and 8-2 is performed to the positions of the apex part and the groove part corresponding to the edge parts of the respective diffraction gratings 4 and 5. Namely, the apex part of the edge part on the grating face of one diffraction grating and one part of the groove part of the other correspondent diffraction grating are chamfered. Then, all the layers are operated as one optical diffraction element 1.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

S5 1 PN="JP 11223717"  
?t 5/3/1

5/3/1

DIALOG(R) File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat  
(c) 2000 EPO. All rts. reserv.

15403089

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 11223717 A2 19990817 <No. of Patents: 001  
>

**OPTICAL DIFFRACTION ELEMENT AND OPTICAL SYSTEM USING THE SAME** (English)

Patent Assignee: CANON KK

Author (Inventor): NAKAI TAKEHIKO

IPC: \*G02B-005/18; G02B-013/00

Derwent WPI Acc No: \*G 99-513399; G 99-513399

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
-----------	------	------	-----------	------	------

JP 11223717	A2	19990817	JP 9839639	A	19980205 (BASIC)
-------------	----	----------	------------	---	------------------

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 9839639	A	19980205
------------	---	----------

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-223717

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月17日

(51) IntCl<sup>4</sup>

G 0 2 B 5/18  
13/00

識別記号

F I

G 0 2 B 5/18  
13/00

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-39639

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月5日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 中井 武彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

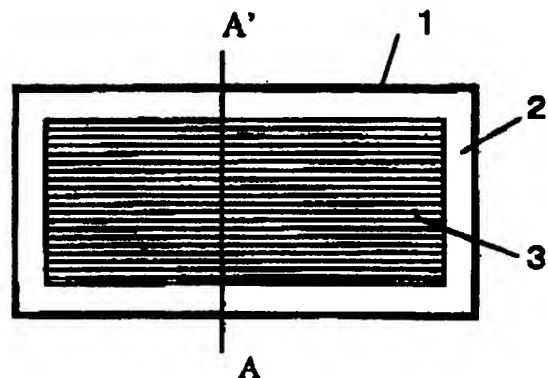
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 回折光学素子及びそれを用いた光学系

(57) 【要約】

【課題】 使用波長域全域で設計次数の回折効率が高くなる、多段型の回折格子より成る製造が容易な回折光学素子及びそれを用いた光学系を得ること。

【解決手段】 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数基板上に積層し、使用波長領域全域で特定次数(設計次数)の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、一方の回折格子の格子面のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子の溝部の一部を面取り加工していること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数基板上に積層し、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、一方の回折格子の格子面のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子の溝部の一部を面取り加工していることを特徴とする回折光学素子。

【請求項2】 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数基板上に積層し、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、該回折光学素子は複数の領域を有し、これらの複数の領域のうち少なくとも一部の領域に於いて、一方の回折格子の格子面のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子の溝部の一部を面取り加工していることを特徴とする回折光学素子。

【請求項3】 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数基板上に積層し、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、該回折光学素子は複数の領域を有し、これらの複数の領域内において、一方の回折格子の格子面のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子の溝部の一部を面取り加工しており、各領域における面取りの大きさ、又は／及び面取りの形状が異なっていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項4】 前記面取りの形状は、平面であることを特徴とする請求項1、2又は3の回折光学素子。

【請求項5】 前記面取りの平面を前記基板面に投影したときの格子面の配列方向の長さを $a$ としたとき

$$0.5\mu\text{m} < a < 2\mu\text{m}$$

であることを特徴とする請求項4の回折光学素子。

【請求項6】 前記面取りの形状は、それを前記格子面の配列方向と前記基板の垂線とのなす平面に投影したとき曲面であることを特徴とする請求項1、2又は3の回折光学素子。

【請求項7】 前記面取りの曲面を前記格子面の配列方向と前記基板の垂線とのなす平面に投影したときの曲率半径を $r$ としたとき

$$0.5\mu\text{m} < r < 2\mu\text{m}$$

であることを特徴とする請求項6の回折光学素子。

【請求項8】 前記積層される複数の回折格子の格子面はその向きが互いに異なる回折格子が少なくとも一つ以上含まれることを特徴とする請求項1の回折光学素子。

【請求項9】 前記使用波長域が、可視光域であることを特徴とする請求項1の回折光学素子。

【請求項10】 該複数の回折格子を基板側から順番に第 $i$ 層としたとき第1層と前記基板が同材質であることを特徴とする請求項1の回折光学素子。

【請求項11】 請求項1～10のいずれか1項記載の回折光学素子を用いた、光学的な結像装置。

【請求項12】 前記光学系は、結像光学系であることを特徴とする請求項11の光学系。

【請求項13】 前記光学系は、観察光学系であることを特徴とする請求項11の光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は回折光学素子のうち特に複数の波長、あるいは所定の帯域の光が特定次数（設計次数）に集中するような格子構造を有した回折光学素子及びそれを用いた光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、光学系の色収差を補正する方法の1つとして、分数の異なる2つの材質の硝材（レンズ）を組み合わせる方法がある。

【0003】この硝材の組み合わせにより色収差を減じる方法に対して、レンズ面やあるいは光学系の1部に回折作用を有する回折光学素子を用いて、色収差を減じる方法がSPIE Vol.1354 International Lens Design Conference (1990)等の文献や特開平4-213421号公報、特開平6-324262号公報、USP第5044706号等により開示されている。

【0004】これは、光学系中の屈折面と回折面とでは、ある基準波長の光線に対する色収差の出方が逆方向になるという物理現象を利用したものである。

【0005】さらに、このような回折光学素子は、その回折格子の周期的構造の周期を変化させることで非球面レンズ的な効果をもたせることができ収差の低減に大きな効果がある。

【0006】ここで、光線の屈折作用において比較すると、レンズ面では、1本の光線は屈折後も1本の光線であるのに対し、回折格子では1本の光線が回折されると、各次数に光が分かれてしまう。

【0007】そこで、レンズ系として回折光学素子を用いる場合には、使用波長領域の光束が特定次数（以後設計次数とも言う）に集中するように格子構造を決定する必要がある。特定の次数に光が集中している場合では、それ以外の回折光の光線の強度は低いものとなり、強度が0の場合にはその回折光は存在しないものとなる。そのため前記特長を、有するためには設計次数の光線の回折効率が十分高いことが必要になる。また、設計次数以外の回折次数をもった光線が存在する場合は、設計次数の光線とは別な所に結像するため、フレア光となる。

【0008】従って回折光学素子を利用した光学系においては、設計次数での回折効率の分光分布及び設計次数以外の光線の振る舞いについても十分考慮する事が重要である。

【0009】図9に示すような基板2に1つの層より成る回折格子3を設けた回折光学素子1を光学系中のある面に形成した場合の特定の回折次数に対する回折効率の特性を図10に示す。この図10の横軸は波長 $\lambda$ と

わし、縦軸は回折効率を表している。この回折光学素子は、1次の回折次数（図中実線）において、使用波長領域でもっとも回折効率が高くなるように設計されている。

【0010】即ち設計次数は1次となる。さらに、設計次数近傍の回折次数（1次±1次の0次光と2次光）の回折効率も併せ並記しておく。

【0011】図10に示されるように、設計次数では回折効率はある波長（540nm）で最も高くなり（以下「設計波長」と言う。）それ以外の波長では序々に低くなる。この設計次数での回折効率の低下分は、他の次数の回折光となり、フレアとなる。また、回折光学格子を複数枚使用した場合には特に、設計波長以外の波長での回折効率の低下は透過率の低下にもつながる。

【0012】この回折効率の低下を減少できる構成を本出願人は、特願平9-217103号で提案している。同図11は、同公報で提案している回折光学素子1の要部断面図である。図11に示す回折光学素子1は基板2上に2層4、5に重ね合わされた積層断面形状をもつ。そして2層4、5を構成する材質の屈折率、分散特性及び各格子厚を最適化することにより、高い回折効率を得ている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】図11に示す回折光学素子において各層の回折格子の材料として加工性のよい光学ガラスやプラスチック、紫外線硬化樹脂等を用いた場合、従来の1層の場合ほど屈折率差、即ち光学光路長差を大きくとることが難しく、格子厚はかなり厚い構成になってくる。例えば2層構造の回折光学素子1で第1層4の材料に屈折率 $n_d=1.525$ 、アッペ数 $\nu_d=47.8$ の紫外線硬化樹脂、第2層5の材料に屈折率 $n_d=1.635$ 、アッペ数 $\nu_d=23.0$ の紫外線硬化樹脂を用いたとする。この組み合わせで格子厚を最適な厚みとしたときの回折効率を図12に示す。1次回折光の回折効率が可視域全域で、高い回折効率を維持していることがわかる。但しこの場合、第1の回折格子4の格子厚 $d_1$ は12.70 $\mu\text{m}$ 、第2の回折格子5の格子厚 $d_2$ は9.55 $\mu\text{m}$ となり、通常の1層の回折格子の格子厚が1 $\mu\text{m}$ 程度であることを考えると、かなり深い格子形状になっている。また実際に製造する場合、図11において、第2層5は、格子ピッチ毎に分離されており、成形などで製作するには形状の転写、離型が難しくなる。従って実用的な構成は図13に示すように、それぞれの回折格子4、5を個別に形成し、各格子ピッチが対応するように、近接して重ね合わせる構成とするのが好ましい。

【0014】つぎにこれらの格子形状を切削により製造するには製造されたものを直接回折光学素子として用いてもよいし、製造されたものを型にして成形により回折

光学素子の格子厚が厚いため、回折格子のエッジ部は従来の1層構造の回折光学素子に比べて、鋭角になっている。直接切削により回折光学素子を作成する場合には、材料がプラスチック等の場合、切削時にエッジ部先端が欠けてくる場合がある。また、型による成形の場合も、エッジ部が鋭角なため、エッジ先端が鈍る等の現象が生じてくる。

【0015】ここで、図13のような回折光学素子の構成で、エッジ先端が鈍った場合の影響について述べる。上述した材料構成で且つ格子エッジの先端部が第1の回折格子4、第2の回折格子5とも図14に示すように0.5 $\mu\text{m}$ だけ欠けた構成を考える。この時の回折効率を図15に示す。計算を実行した際の格子ピッチは70 $\mu\text{m}$ である。この図から回折効率が可視域ほぼ全域で3.5%程度劣化していることがわかる。この低下による光はフレア光となり、カメラ等の撮像光学系に適用する場合は、問題となる。

【0016】本発明は、基板上に2層又はそれ以上の多層を積層した回折光学素子の各層を適切に構成することにより高い回折効率を有するとともに容易に製造でき、しかも高い回折効率が維持でき、フレア等を有効に抑制できる回折光学素子及びそれを用いた光学系の提供を目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の回折光学素子は、

(1-1) 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数基板上に積層し、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、一方の回折格子の格子面のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子の溝部の一部を面取り加工していることを特徴としている。

【0018】(1-2) 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数基板上に積層し、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、該回折光学素子は複数の領域を有し、これらの複数の領域のうち少なくとも一部の領域に於いて、一方の回折格子の格子面のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子の溝部の一部を面取り加工していることを特徴としている。

【0019】(1-3) 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数基板上に積層し、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするようにした回折光学素子に於いて、該回折光学素子は複数の領域を有し、これらの複数の領域内において、一方の回折格子の格子面のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子の溝部の一部を面取り加工しており、各領域における面取りの大きさ、又は／及び面取りの形状が異なっていることを特徴としている。

【0020】特に構成(1-1)～(1-3)において

(1-3-1) 前記面取りの形状は、平面であること。

【0021】(1-3-2) 前記面取りの平面を前記基板面に投影したときの格子面の配列方向の長さを $a$ としたとき

$$0.5\mu\text{m} < a < 2\mu\text{m}$$

であること。

【0022】(1-3-3) 前記面取りの形状は、それを前記格子面の配列方向と前記基板の垂線とのなす平面に投影したとき曲面であること。

【0023】(1-3-4) 前記面取りの曲面を前記格子面の配列方向と前記基板の垂線とのなす平面に投影したときの曲率半径を $r$ としたとき

$$0.5\mu\text{m} < r < 2\mu\text{m}$$

であること。

【0024】(1-3-5) 前記積層される複数の回折格子の格子面はその向きが互いに異なる回折格子が少なくとも一つ以上含まれること。

【0025】(1-3-6) 前記使用波長域が、可視光域であること。

【0026】(1-3-7) 該複数の回折格子を基板側から順番に第 $i$ 層としたとき第1層と前記基板が同材質であること等の特徴としている。

【0027】本発明の回折光学素子を用いた光学系は、(2-1)構成(1-1)の回折光学素子を一部に用いていることを特徴としている。

【0028】特に、

(2-1-1) 回折光学素子を結像光学系や、観察光学系に用いていることを特徴としている。

【0029】

【発明の実施の形態】図1は本発明の回折光学素子の実施形態1の正面図である。同図において回折光学素子1は基板2の表面に複数の層(回折格子)より成る多層部3が作成された構成となっている。図2は図1の回折光学素子1を図中A-A'断面で切断した断面形状の一部である。図2は格子面(回折格子面)6、7の深さ方向にかなりデフォルメされた図となっている。

【0030】本実施形態の回折光学素子1の断面格子形状は、基板2上に設けられた第1層(回折格子)4、第2層(回折格子)5の2つの層からなり、第1層4と空\*

$$(n_0 - 1)d_1 - (n_0 - 1)d_2 = m\lambda_0 \dots\dots (2)$$

となる。

【0040】ここで $n_0$ は第1層4の材質の波長 $\lambda_0$ での屈折率、 $n_0$ は第2層5の材質の波長 $\lambda_0$ での屈折率、 $d_1$ 、 $d_2$ はそれぞれ第1の回折格子(第1層)4と第2の回折格子(第2層)5の格子厚である。ここで回折方向を図2において0次回折光から左寄りに回折するのを正の回折次数とすると、(2)式での各層の加減の符号は、図中左から右に格子厚が減少する格子形状の場合(第1層)4が正となり、逆に左から右に格子厚が増加する格子形状の場合(第2層)5が負となる。\*

\* 気層の境界部に第1の回折格子面6、第2層5と空気層の境界部に第2の回折格子面8を形成している。

【0031】更に、各回折格子4、5のエッジ部の対応する頂部と溝部の位置に面取り8-1、8-2が施されている。

【0032】即ち、一方の回折格子の格子面のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子の溝部の一部を面取り加工している。

【0033】そして全層を通して一つの回折光学素子1として作用することを特徴としている。

【0034】ここで、一面に回折格子面(6、7)を持ち、材質の厚さが周期的に変わる層(4、5)を回折格子と言う。

【0035】このように本実施形態の回折光学素子は少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる複数の層が基板上に重ね合わされた格子構造をもち、使用波長領域全域で特定次数(設計次数)の回折効率を高くし、この時、一方の回折格子4の格子面6のエッジ部の頂部とそれに対応する他方の回折格子5の溝部を面取り8-1、8-2加工を施している。

【0036】次に本発明の回折光学素子の回折効率について説明する。

【0037】図9に示すような空気中で使用される通常の1層の透過型の回折格子3で、設計波長 $\lambda_0$ で回折効率が最大となる条件は、光束が回折格子に対して垂直入射した場合は、回折格子面7の山と谷の光学光路長差 $d$ が波長の整数倍になればよく、

$$d_0 = (n_0 - 1)d = m\lambda_0 \dots\dots (1)$$

となる。ここで $n_0$ は波長 $\lambda_0$ での回折格子3の材質の屈折率、 $d$ は格子厚、 $m$ は回折次数である。

【0038】2つ以上の回折格子、即ち2層以上の構造からなる回折光学素子でも、基本的な考え方は同様で、全層を通して一つの回折格子として作用させるためには、各層の境界に形成された回折格子面の山と谷の光学光路長差を求め、それを全層にわたって加えあわせたものが波長の整数倍になるように決定する。

【0039】従って図2に示した本実施例の場合の条件式は

\*た、格子厚は本発明の面取り8を施す前の格子エッジ部が鋭角であるが、理想的な形状の場合の格子厚である。

【0041】次に本実施形態の各格子面のエッジ部に施した面取りの効果について説明する。本実施形態の積層型の回折光学素子として図2に示した2層の構造について説明する。ここで材質、格子厚は第1層4に屈折率 $n_d = 1.525$ 、アッペ数 $\nu_d = 47.8$ の紫外線硬化樹脂、第2層に屈折率 $n_d = 1.635$ 、アッペ数 $\nu_d = 23.0$ の紫外線硬化樹脂を用いている。格子ピッチは $70\mu\text{m}$ とし、面取り量 $0.5\mu\text{m}$ の平面の面取りを

全エッジ部に対して施す。この時の回折効率を図3に示す。この図3からわかるように回折効率は理想形状の場合に比べると440nm以下の短波長で1%の劣化はあるものの、ほぼ可視域全域で0.3%程度の低下である。従って図3に示した前述の一部のエッジが鈍った場合の低下3.5%に比べると、フレア量も1/10に抑制され、良好な性能を維持していることがわかる。

【0042】尚、本実施形態の面取り形状は、あまり小さいと先端の欠けや転写性は改善されないし、大きすぎると回折効率が劣化しすぎてしまう。従って、面取り量は平面を基板2に投影したときの格子面の配列方向Xの長さをaとしたとき

$$0.5\mu\text{m} < a < 2\mu\text{m}$$

とするのが好ましい。

【0043】以上述べた説明は、1周期の回折格子形状に限定して説明を行った。しかし、回折格子の回折効率については、回折格子のピッチは基本的には影響しないことが、公知である。

【0044】つまり本実施形態は図1に示した1次元の回折格子の他に、図7に示すような回折光学レンズなどあらゆる格子ピッチ形状を有する回折光学素子に応用することができる。

【0045】また本実施形態では面取り形状は、平面形状をしていた。しかしながら面取り形状は平面形状に限るものではなく、例えば図5に示すような格子面の配列方向(X)と基板の垂線(Y方向)とのなす平面(XY平面)に投影したときの曲面としても良い。即ち、微小曲率半径Rがついた形状にしてもよい。この場合も曲面の曲率半径Rは前述の平面の面取りと同じく

$$0.5\mu\text{m} < R < 2\mu\text{m}$$

とするのが好ましい。

【0046】また、実施形態の説明では平板2上に複数の回折格子を設けた回折光学素子について説明したが、回折光学素子をレンズ曲面表面に設けても同様の効果が得られる。

【0047】また本実施形態では、回折次数が1次光の場合を示したが、1次光に限定するものではなく、2次光などの異なった回折次数光であっても、合成光学光路長差を所望の回折次数で所望の設計波長となるように設定すれば同様の効果が得られる。

【0048】図6は本発明の回折光学素子の実施形態2の要部正面図である。

【0049】本実施形態の回折光学素子3は複数のエリア3-1、3-2、3-3に分割され、このうち少なくとも1つのエリアに前述した面取り加工を行っている。この他、本実施形態では各エリアで本発明の特徴であるエッジ部の面取り形状が異なっているようにしている。具体例を示すと、図のようなレンズ作用を有する回折光学素子の場合には、格子ピッチは中心部から周辺部

ジ部の角度も中心部から周辺部に行くに従い、鋭角になっている。そこで外側のエリア3-3の面取り量は大きめにし、中側のエリア3-2はそれよりも小さな面取りとし、中心部のエリア3-1はエッジ角は、かなり鈍角なので面取り量は少なくするか、場合によっては面取りを施さないようにしている。このようにエッジ角に応じて面取り量、又は/及び面取り形状を変えることで、回折効率の低下は可能な限り抑えられ、且つ製造も容易な回折光学素子を作成している。

【0050】図7は本発明の回折光学素子を用いた光学系の実施形態3の概略図であり、カメラ等の撮影光学系の断面を示している。同図中、10は撮影レンズで、内部に絞り11と回折光学素子1を持っている。12は結像面であるフィルムまたはCCDである。

【0051】積層構造の回折光学素子を用いることで、回折効率の波長依存性は大幅に改善されているので、フレアが少なく低周波数での解像力も高い高性能な撮影レンズを達成している。又、本発明の回折光学素子は、簡単な製法で作成することができるので、撮影レンズとしては量産性に優れた安価なレンズを提供することができる。

【0052】図7では絞り11近傍の平板ガラス面に回折光学素子1を設けたが、これに限定するものではなく、レンズ曲面表面に回折光学素子を設けても良いし、撮影レンズ内に複数、回折光学素子を使用しても良い。

【0053】また、本実施形態では、カメラの撮影レンズの場合を示したが、これに限定するものではなく、ビデオカメラの撮影レンズ、事務機のイメージスキャナーや、デジタル複写機のリーダーレンズなどに使用しても同様の効果が得られる。

【0054】図8は本発明の回折光学素子を用いた光学系の実施形態4の概略図であり、双眼鏡等観察光学系の断面を示したものである。同図中、13は対物レンズ、14は像を成立させるための像反転プリズム、15は接眼レンズ、16は評価面(瞳面)である。

【0055】図中1は回折光学素子である。回折光学素子1は対物レンズ13の結像面12での色収差等を補正する目的で形成されている。

【0056】積層構造の回折光学素子を用いることで、回折効率の波長依存性は大幅に改善されているので、フレアが少なく低周波数での解像力も高い高性能な対物レンズを達成している。又、本発明の回折光学素子は、簡単な製法で作成できるので、観察光学系としては量産性に優れた安価な光学系を提供できる。

【0057】本実施形態では、対物レンズ部13に回折光学素子1を形成した場合を示したが、これに限定するものではなく、プリズム表面や接眼レンズ15内の位置であっても同様の効果が得られる。結像面12より物体側に設けると対物レンズ13のみでの色収差低減効果があるため、肉眼の観察系の場合すくなくとも対物レンズ

13がわに設けることが望ましい。

【0058】また本実施形態では、双眼鏡の場合を示したが、これに限定するものではなく地上望遠鏡や天体観測用望遠鏡などであってもよく、またレンズシャッターカメラやビデオカメラなどの光学式のファインダーであっても同様の効果が得られる。

【0059】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、基板上に2層又はそれ以上の多層を積層した回折光学素子の各層を適切に構成することにより高い回折効率を有するとともに、容易に製造でき、しかも高い回折効率が維持でき、フレア等を有効に抑制できる回折光学素子及びそれを用いた光学系を達成することができる。

【0060】この他、本発明によれば各格子部の格子エッジ位置に面取りを施すことで、各回折格子の格子エッジは鈍角にでき、切削加工時等の格子形状の加工性が大幅に改善され、或は成形時のエッジ部の形状転写性も大幅に改善され、格子形状が安定した良好な回折光学素子が得られる。そのため光学系に組み込んだ場合も、高い回折効率が維持でき、フレア等を有効に抑制できる光学系が提供できる。

【0061】更に、回折光学素子はエリア毎に格子エッジ部の面取り量を変えることにより、回折効率の低下を最大限に抑制することができ、光学系に使用したとき、フレアが抑制された高い回折効率を維持することができる。

【0062】また本発明の回折光学素子を撮影レンズに使用すれば、安価で高精度な撮影レンズを提供することができる。

【0063】また本発明の回折光学素子を観察光学系に使用すれば、安価で高精度な観察光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の回折光学素子の実施形態1の要部正面図

【図2】本発明の回折光学素子の実施形態1の要部断面図

【図3】本発明の回折光学素子の実施形態1の回折効率の説明図

【図4】本発明の回折光学素子の実施形態1の他の形態の説明図

【図5】本発明の回折光学素子の実施形態1の一部分の拡大説明図

【図6】本発明の回折光学素子の実施形態2の要部正面図

【図7】本発明の回折光学素子を用いた撮影光学系の実施形態3の要部断面図

【図8】本発明の回折光学素子を用いた観察系の実施形態4の要部断面図

【図9】従来例の回折格子形状（三角波形状）の説明図

【図10】従来例の回折効率の説明図

【図11】積層型回折光学素子の断面形状の説明図

【図12】積層型回折光学素子の回折効率の説明図

【図13】積層型回折光学素子の構成例の説明図

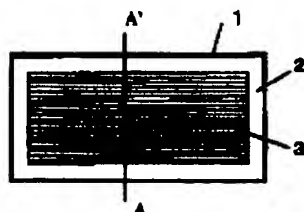
【図14】積層型回折光学素子の製造誤差の模式図

【図15】積層型回折光学素子で製造誤差が生じた場合の回折効率の説明図

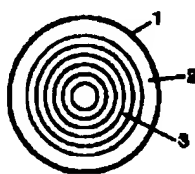
【符号の説明】

- 1 回折光学素子
- 2 基板
- 3 回折格子部
- 4 第1層（回折格子）
- 5 第2層（回折格子）
- 6 回折面
- 7 格子面
- 8 格子エッジ面取り部
- 10 撮影レンズ
- 11 絞り
- 12 結像面
- 13 対物レンズ
- 14 プリズム
- 15 接眼レンズ
- 16 評価面（瞳面）

【図1】



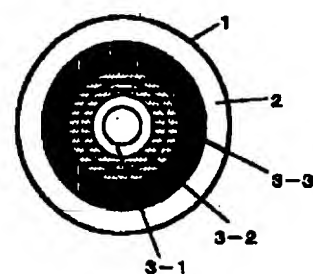
【図4】



【図5】

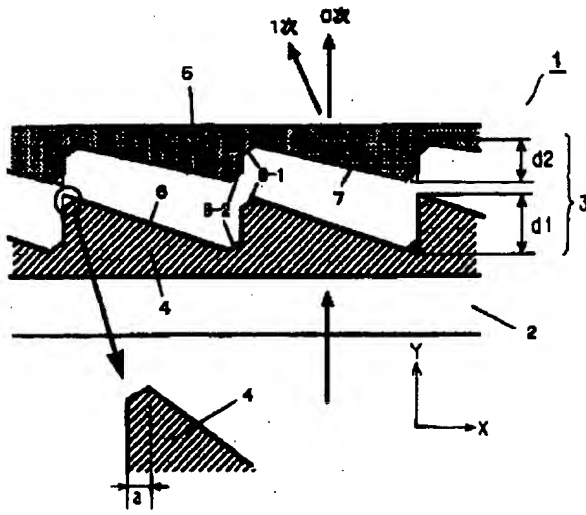


【図6】

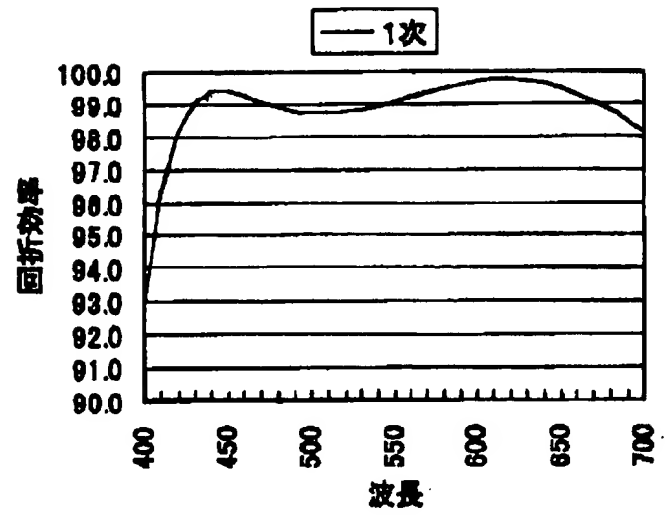




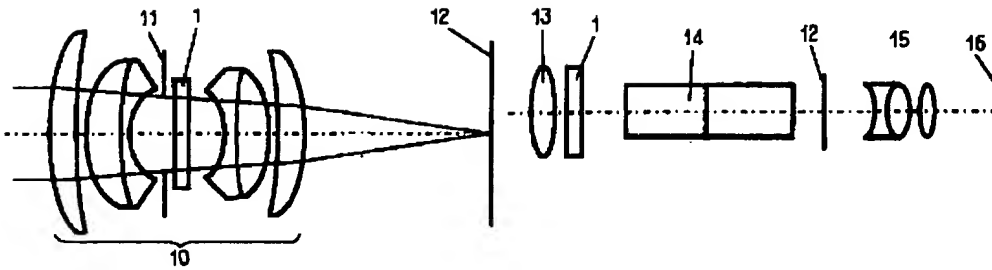
【図2】



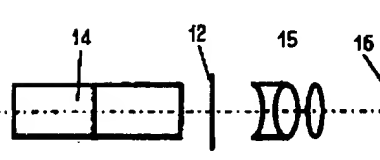
【図3】



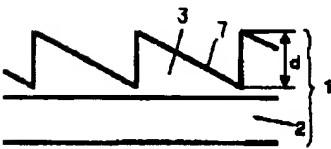
【图7】



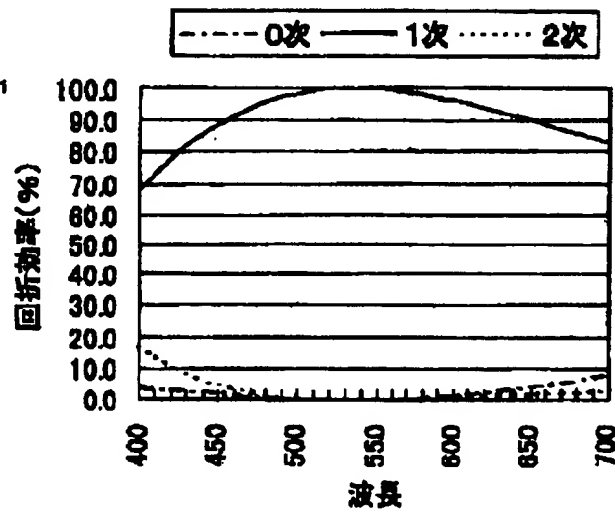
【図8】



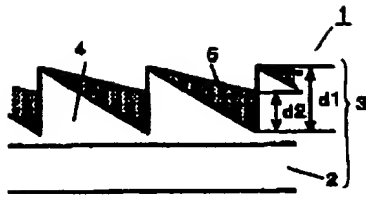
【図9】



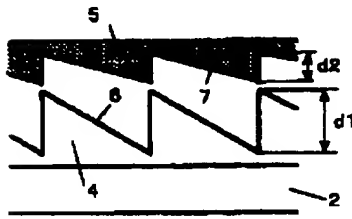
【図10】



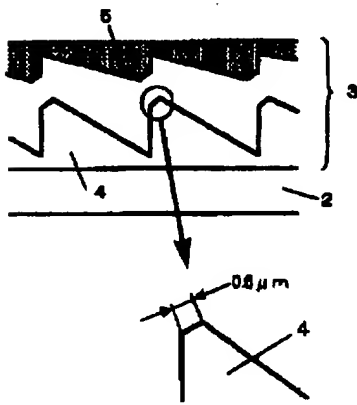
【図11】



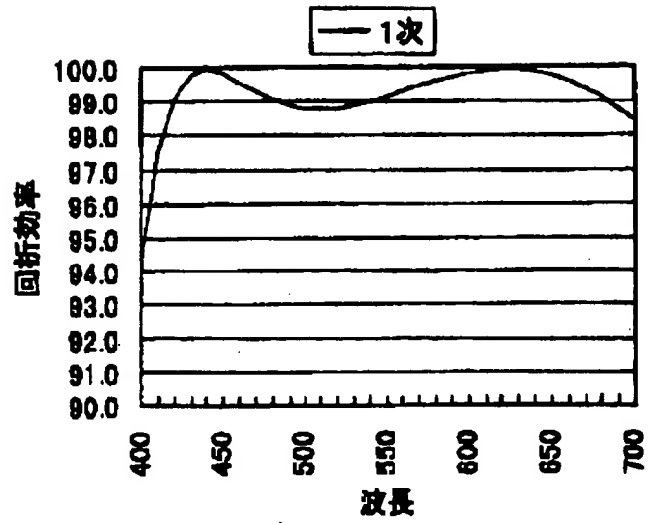
【図13】



【図14】



【図12】



【図15】

